

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการตัดแยกแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน

การตัดแยกแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่ดำรงชีพแบบอิสระจากนาข้าวในจังหวัด กรุงเทพมหานคร ฉะเชิงเทรา ราชบุรี สุพรรณบุรี และชัยนาท คัดแยกได้ทั้งหมด 106 ไอโซเลท ดังนี้ กรุงเทพมหานคร นาน้ำลินอนันต์ 2 ไอโซเลท ได้แก่ Bsin1, Bsin2

นาคูคลองสิบ 8 ไอโซเลท ได้แก่ Bku1 – Bku6 และBkuS1, BkuS2

นาบ้านลำไทรฟาร์ม ไม่พบ

ฉะเชิงเทรา ตำบลคูยายหมี่ 31 ไอโซเลท ได้แก่ CSku1 – Csku28 และ CSkuS1 - CSkuS3

ตำบลหนองแหน 5 ไอโซเลท ได้แก่ CShang1 – Cshang 4 และCShangS1

บ้านช่อง 24 ไอโซเลท ได้แก่ CSban1 – Csbans22 และ CSbanS1 – Csbans2

ราชบุรี ตำบลวันดาว 1 ไอโซเลท ได้แก่ Rwan1

สุพรรณบุรี ตำบลหนองผักนาก 6 ไอโซเลท ได้แก่ Spak1 – Spak3 และ SpakS1 – SpakS3

ตำบลหนองสะเดา 2 ไอโซเลท ได้แก่ Ssad1 และSsadS1

ตำบลกระเสี้ยว 9 ไอโซเลท ได้แก่ Ska1 – Ska3 และSkaS1 – SkaS6

ตำบลหัวเขา 14 ไอโซเลท ได้แก่ Shua1 – Shua8 และ ShuaS1 – ShuaS6

ชัยนาท ตำบลนางลือ 4 ไอโซเลท ได้แก่ Cnang1 - Cnang4

ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาเบื้องต้นของแบคทีเรีย

นำแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่ดำรงชีพแบบอิสระที่คัดแยกได้ มาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้นจากโคโลนีบนจานเพาะเชื้อ ได้แก่ สี ผิวหน้า ขนาด และขอบของ การติดสีแกรม และรูปร่างของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาลักษณะโคโลนี ผลการติดสีแกรม และรูปร่างของแบคทีเรีย

ลำดับ ที่	ตัวอย่าง	ลักษณะโคโลนี				การติด สีแกรม	รูปร่าง แบคทีเรีย
		สี	ผิวหน้า	ขนาด (มิลลิเมตร)	ขอบ		
1	Bsin1	ขาวครีม	มัน	0.1	เรียบ		
2	Bsin2	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
3	Bku1	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
4	Bku2	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	+	กลม
5	Bku3	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
6	Bku4	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
7	Bku5	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
8	Bku6	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
9	BkuS1	ขาว	ด้าน	0.1	เรียบ	+	แท่ง
10	BkuS2	ขาวครีม	เยิ้ม	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
11	CSku1	ขาว	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
12	CSku2	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
13	CSku3	ขาว	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
14	CSku4	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
15	CSku5	ขาว	เรียบ	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
16	CSku6	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
17	CSku7	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
18	CSku8	ขาว	เรียบ	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
19	CSku9	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่ง
20	CSku10	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
21	CSku11	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
22	CSku12	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
23	CSku13	ขาว	เรียบ	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
24	CSku14	ขาว	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
25	CSku15	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
26	CSku16	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
27	CSku17	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
28	CSku18	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
29	CSku19	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
30	CSku20	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ตัวอย่าง	ลักษณะโคโลนี				การติด สีแกรม	รูปร่าง แบคทีเรีย
		สี	ผิวหน้า	ขนาด (มิลลิเมตร)	ขอบ		
31	CSku21	ขาวใส	เยิ้ม	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
32	CSku22	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
33	CSku23	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
34	CSku24	เหลือง อ่อน	แห้ง	0.2	เรียบ	+	เส้นสาย
35	CSku25	ขาว	เรียบ	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
36	CSku26	ขาวครีม	แห้ง	0.1	เรียบ	+	เส้นสาย
37	CSku27	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	+	เส้นสาย
38	CSku28	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่ง
39	CSkuS1	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
40	CSkuS2	ขาวใส	มันวาว	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
41	CSkuS3	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
42	CShang1	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
43	CShang2	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
44	CShang3	ขาว เหลือง- ส้ม	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่ง
45	CShang4	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
46	CShangS1	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่ง
47	CSban1	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
48	CSban2	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
49	CSban3	ขาว เหลือง- ส้ม	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่ง
50	CSban4	ขาวขุ่น	เยิ้ม	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
51	CSban5	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
52	CSban6	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ตัวอย่าง	ลักษณะโคโลนี				การติด สีแกรม	รูปร่าง แบคทีเรีย
		สี	ผิวหน้า	ขนาด (มิลลิเมตร)	ขอบ		
53	CSban7	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ		
54	CSban8	ขาวขุ่น	เยิ้ม	0.2	หยัก	-	แท่งสั้น
55	CSban9	ขาวขุ่น	เยิ้ม	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
56	CSban10	ขาวขุ่น	มันวาว	0.2	เรียบ	-	แท่งสั้น
57	CSban11	ขาวขุ่น	เยิ้ม	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
58	CSban12	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
59	CSban13	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
60	CSban14	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
61	CSban15	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
62	CSban16	เหลือง อ่อน	มัน	0.1	หยัก	-	แท่งสั้น
63	CSban17	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
64	CSban18	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
65	CSban19	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
66	CSban20	ขาว	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
67	CSban21	ขาวครีม เหลือง เข้ม	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่ง
68	CSban22	ขาว เหลือง- ส้ม	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่ง
69	CSbanS1	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่ง
70	CSbanS2	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
71	Rwan1	ขาวขุ่น	เยิ้ม	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
72	Spak1	ขาวใส	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
73	Spak2	เหลือง เข้ม	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่ง

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ตัวอย่าง	ลักษณะโคโลนี				การติด สีแกรม	รูปร่าง แบคทีเรีย
		สี	ผิวหน้า	ขนาด (มิลลิเมตร)	ขอบ		
74	Spak3	ขาว	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
75	SpakS1	เหลือง ขุ่น	เยิ้ม	0.1	หยัก	+	แท่ง
76	SpakS2	ขาวใส	เยิ้ม	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
77	SpakS3	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
78	Ssad1	ขาวขุ่น	มันวาว	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
79	SsadS1	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
80	Ska1	ขาวครีม	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
81	Ska2	ขาวใส	เยิ้ม	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
82	Ska3	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
83	SkaS1	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่ง
84	SkaS2	เหลือง ขุ่น	มัน	0.3	หยัก	+	แท่งสั้น
85	SkaS3	ขาวขุ่น	มัน	0.2	เรียบ	-	แท่งสั้น
86	SkaS4	ขาวใส	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่ง
87	SkaS5	ขาวขุ่น	เยิ้ม	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
88	SkaS6	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	+	แท่ง
89	Shua1	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่ง
90	Shua2	ขาว	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
91	Shua3	ขาวครีม	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
92	Shua4	ขาวครีม	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
93	Shua5	ขาว	มัน	0.1	เรียบ	+	แท่งสั้น
94	Shua6	ขาว	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
95	Shua7	ขาวครีม	มัน	0.2	เรียบ	-	แท่งสั้น
96	Shua8	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	+	เส้นสาย
97	ShuaS1	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	-	แท่ง
98	ShuaS2	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
99	ShuaS3	ขาว	แห้ง	0.2	หยัก	+	เส้นสาย
100	ShuaS4	ขาว	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่ง
101	ShuaS5	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	+	เส้นสาย

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ตัวอย่าง	ลักษณะโคโลนี				การติด สีแกรม	รูปร่าง แบคทีเรีย
		สี	ผิวหน้า	ขนาด (มิลลิเมตร)	ขอบ		
102	ShuaS6	ขาวขุ่น	แห้ง	0.1	เรียบ	-	กลม
103	Cnang1	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
104	Cnang2	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
105	Cnang3	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น
106	Cnang4	ขาวขุ่น	มัน	0.1	เรียบ	-	แท่งสั้น

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

นำแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่ดำรงชีพแบบอิสระที่คัดแยกได้ มาทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนด้วยการวัดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ด้วย Nessler's Reagent ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

ลำดับที่	ตัวอย่าง	ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ลำดับที่	ตัวอย่าง	ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1 (1)	Bsin1	4.129 ±0.253	15	CSku5	0.660 ±0.393
2 (2)	Bsin2	2.715 ±0.990	16	CSku6	1.186±0.124
3	Bku1	2.209 ±0.510	17	CSku7	1.135 ±0.103
4	Bku2	1.373 ±0.339	18	CSku8	1.568 ±0.317
5	Bku3	2.395 ±0.121	19	CSku9	1.251 ±0.121
6	Bku4	2.047 ±0.063	20	CSku10	1.023 ±0.544
7	Bku5	2.490 ±0.583	21	CSku11	0.912 ±0.422
8	Bku6	1.654 ±0.536	22	CSku12	1.678 ±0.480
9	BkuS1	1.206 ±0.668	23	CSku13	2.211 ±0.070
10 (3)	BkuS2	2.705 ±0.345	24 (4)	CSku14	2.667 ±0.156
11	CSku1	1.643 ±0.371	25	CSku15	2.418 ±0.446
12	CSku2	1.811 ±0.463	26	CSku16	1.270 ±0.704
13	CSku3	1.652 ±0.664	27	CSku17	1.288 ±0.384
14	CSku4	2.089 ±0.473	28	CSku18	0.338 ±0.171

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับที่	ตัวอย่าง	ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ลำดับที่	ตัวอย่าง	ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
29 (5)	CSku19	3.336 ±0.659	60	CSban14	0.938 ±0.505
30	CSku20	2.113 ±0.577	61	CSban15	0.572 ±0.277
31	CSku21	1.693 ±0.215	62	CSban16	2.071 ±0.271
32	CSku22	2.189 ±0.461	63 (16)	CSban17	4.255 ±0.553
33	CSku23	1.097 ±0.533	64	CSban18	2.527 ±0.201
34 (6)	CSku24	3.571 ±0.246	65 (17)	CSban19	3.293 ±0.401
35 (7)	CSku25	3.018 ±0.289	66	CSban20	2.085 ±0.778
36 (8)	CSku26	3.524 ±0.148	67 (18)	CSban21	8.118 ±0.457
37	CSku27	1.696 ±0.300	68 (19)	CSban22	5.223 ±0.197
38 (9)	CSku28	4.293 ±0.119	69	CSbanS1	2.350 ±0.649
39	CSkuS1	1.041 ±0.512	70 (20)	CSbanS2	3.087 ±0.572
40	CSkuS2	1.704 ±0.748	71	Rwan1	2.006 ±0.621
41	CSkuS3	1.676 ±0.406	72 (21)	Spak1	2.824 ±0.221
42	CShang1	0.619 ±0.596	73	Spak2	2.452 ±0.242
43	CShang2	0.911 ±0.624	74 (22)	Spak3	2.849 ±0.190
44 (10)	CShang3	5.144 ±0.128	75 (23)	SpakS1	3.224 ±0.199
45 (11)	CShang4	3.056 ±0.180	76	SpakS2	1.611 ±0.654
46 (12)	CShangS1	2.974 ±0.320	77	SpakS3	2.330 ±0.328
47	CSban1	0.721 ±0.548	78	Ssad1	1.783 ±0.293
48	CSban2	1.382 ±0.201	79	SsadS1	2.252 ±0.425
49 (13)	CSban3	5.116 ±0.423	80	Ska1	1.775 ±0.446
50 (14)	CSban4	2.844 ±0.447	81	Ska2	2.307 ±0.154
51	CSban5	1.801 ±0.673	82	Ska3	2.000 ±0.178
52 (15)	CSban6	2.674 ±0.183	83	SkaS1	1.065 ±0.397
53	CSban7	1.735 ±0.745	84	SkaS2	2.171 ±0.776
54	CSban8	1.819 ±0.324	85	SkaS3	2.636 ±0.725
55	CSban9	0.838 ±0.590	86	SkaS4	0.856 ±0.328
56	CSban10	1.669 ±0.653	87	SkaS5	1.290 ±0.418
57	CSban11	2.132 ±0.239	88	SkaS6	1.240 ±0.757
58	CSban12	1.196 ±0.256	89	Shua1	1.304 ±0.534
59	CSban13	0.844 ±0.648	90	Shua2	2.514 ±0.534

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

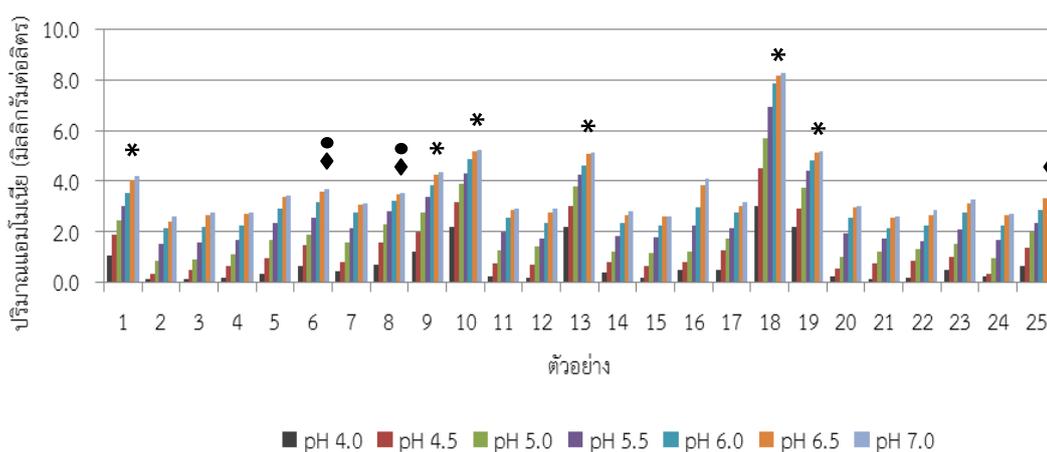
ลำดับที่	ตัวอย่าง	ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ลำดับที่	ตัวอย่าง	ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
91 (24)	Shua3	2.815 ±0.487	99 (25)	ShuaS3	3.323 ±0.371
92	Shua4	1.434 ±0.553	100	ShuaS4	1.395 ±0.572
93	Shua5	2.580 ±0.455	101	ShuaS5	2.031 ±0.821
94	Shua6	1.398 ±0.203	102	ShuaS6	1.349 ±0.631
95	Shua7	2.102 ±0.621	103	Cnang1	2.441 ±0.246
96	Shua8	2.053 ±0.543	104	Cnang2	2.304 ±0.669
97	ShuaS1	1.102 ±0.770	105	Cnang3	0.867 ±0.459
98	ShuaS2	0.395 ±0.222	106	Cnang4	0.531 ±0.066

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง ไอโซเลทที่ผลิตแอมโมเนียสูง และนำไปทดสอบการเจริญเติบโตที่ภาวะ pH 4.0 – 7.0 และมีโลหะหนักละลาย

เลขในวงเล็บ หมายถึง ลำดับที่ของตัวอย่างใช้แทนชื่อไอโซเลทในการทดลองต่อไป

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตที่ภาวะเป็นกรด

นำแบคทีเรียที่ให้ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูง 25 ตัว มาศึกษาการเจริญเติบโตและการผลิตแอมโมเนีย ที่ pH 4, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 ได้ผลดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ปริมาณแอมโมเนียของแบคทีเรียใน pH 4.0 – 7.0

หมายเหตุ * หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงที่ pH 4.0 – 7.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

◆ หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงเฉพาะที่ pH 5.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

● หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงเฉพาะที่ pH 4.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

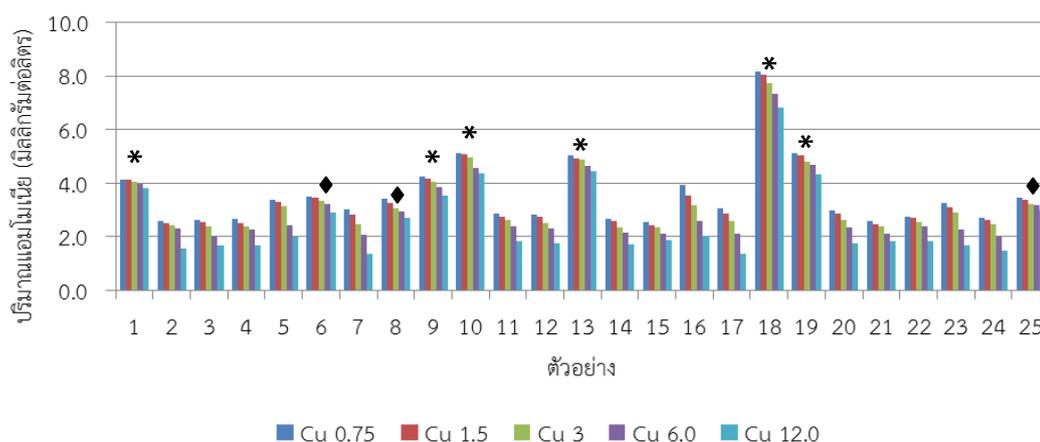
ในสภาวะที่ pH 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 ไอโซเลทที่ 1, 9, 10, 13, 18, และ 19 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 18 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 10, 19, 13, 9 และ 1 ตามลำดับ

นอกจากนี้ในสภาวะที่ pH 5.0 ไอโซเลทที่ 6, 8 และ 25 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 8 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 25 และ 6 ตามลำดับ

และในสภาวะที่ pH 4.5 ไอโซเลทที่ 6 และ 8 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 8 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงกว่าไอโซเลทที่ 6

ผลการศึกษการเจริญเติบโตที่ภาวะมีโลหะหนักละลายอยู่

นำแบคทีเรียที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูง 25 ตัว จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน มาศึกษาภาวะที่มีโลหะคอปเปอร์ความเข้มข้น 0.75–12.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.2) นิกเกิล ความเข้มข้น 0.65–10.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.3) ตะกั่ว ความเข้มข้น 0.35–2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.4) โครเมียมความเข้มข้น 0.5–4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.5) แคดเมียม ความเข้มข้น 0.02–0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.6) และสังกะสีความเข้มข้น 3.5–28 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลดังภาพที่ 4.7



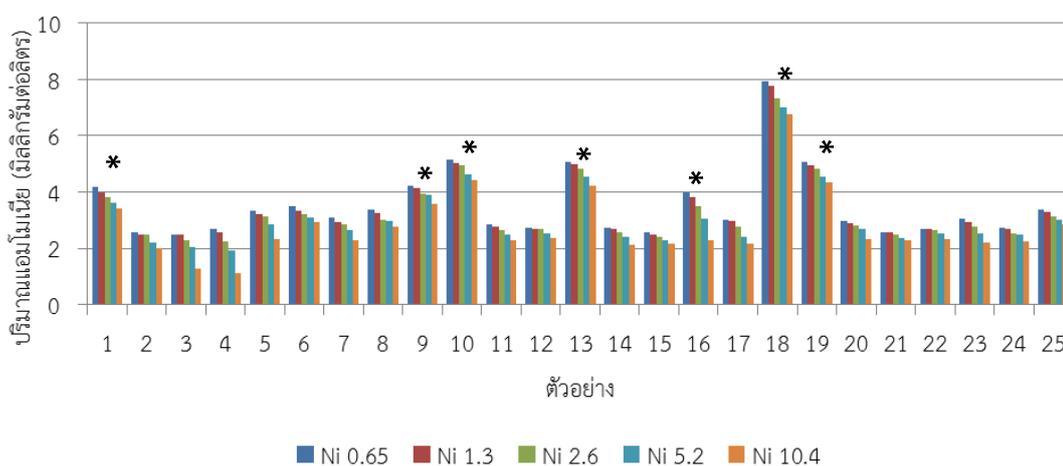
ภาพที่ 4.2 ปริมาณแอมโมเนียของแบคทีเรียในภาวะที่มีคอปเปอร์

หมายเหตุ * หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงที่ทุกความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

♦ หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงเฉพาะที่คอปเปอร์ความเข้มข้นสูงสุดที่ 12.0 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

ในสถานะที่มีโลหะหนักคอปเปอร์ ความเข้มข้น 0.75, 1.5, 3.0, 6.0 และ 12.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 1, 9, 10, 13, 18, และ 19 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 18 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 10, 13, 19, 1 และ 9 ตามลำดับ

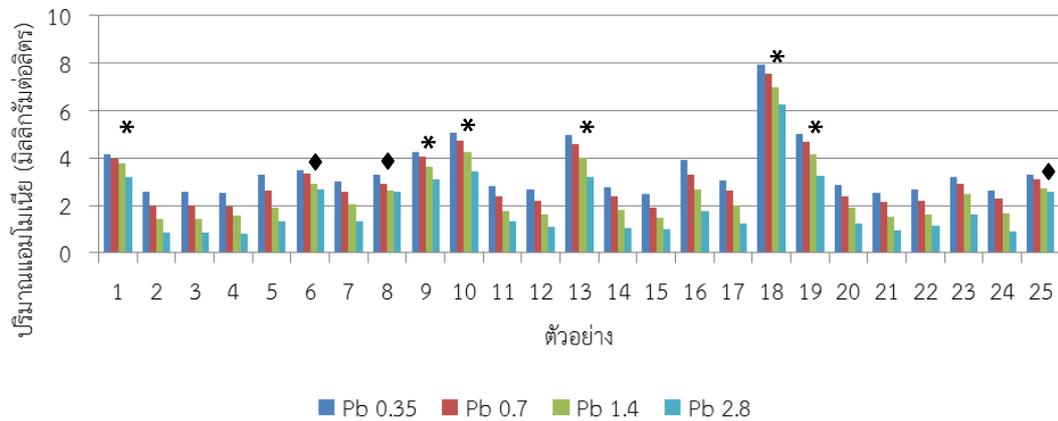
นอกจากนี้ในสถานะที่มีโลหะหนักคอปเปอร์ ความเข้มข้น 12.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 6, 8 และ 25 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 25 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 6 และ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 ปริมาณแอมโมเนียของแบคทีเรียในภาวะที่มีนิกเกิล

หมายเหตุ * หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงที่ทุกความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

ในสถานะที่มีโลหะหนักนิกเกิล ความเข้มข้น 0.65, 1.3, 2.6, 5.2 และ 10.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 1, 9, 10, 13, 16, 18, และ 19 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 18 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 10, 19, 13, 9, 1 และ 16 ตามลำดับ



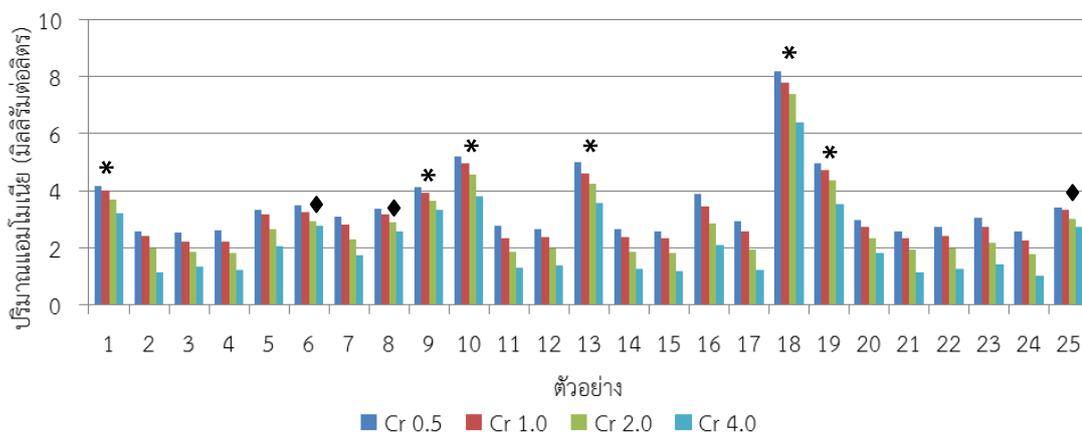
ภาพที่ 4.4 ปริมาณแอมโมเนียของแบคทีเรียในภาวะที่มีตะกั่ว

หมายเหตุ * หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงที่สุดทุกความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

◆ หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงเฉพาะที่ตะกั่วความเข้มข้นสูงสุดที่ 2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

ในสภาวะที่มีโลหะหนักตะกั่ว ความเข้มข้น 0.35, 0.7, 1.4 และ 2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 1, 9, 10, 13, 18, และ 19 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 18 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 10, 19, 13, 1 และ 9 ตามลำดับ

นอกจากนี้ในสภาวะที่มีโลหะหนักตะกั่ว ความเข้มข้น 2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 6, 8 และ 25 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 6 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 8 และ 25 ตามลำดับ



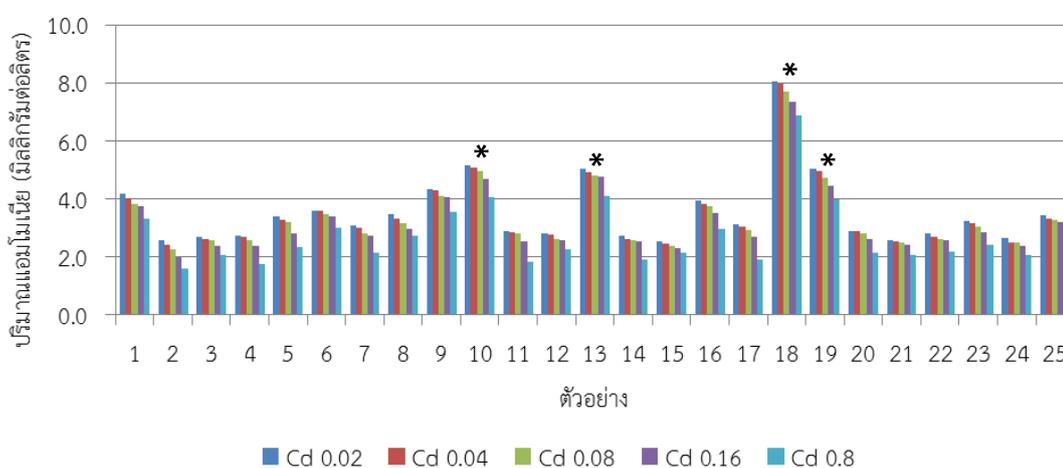
ภาพที่ 4.5 ปริมาณแอมโมเนียของแบคทีเรียในภาวะที่มีโครเมียม

หมายเหตุ * หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงที่สุดทุกความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

♦ หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงเฉพาะที่โครเมียมความเข้มข้นสูงสุดที่ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

ในสถานะที่มีโลหะหนักโครเมียม ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 1, 9, 10, 13, 18, และ 19 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 18 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 10, 19, 13, 1 และ 9 ตามลำดับ

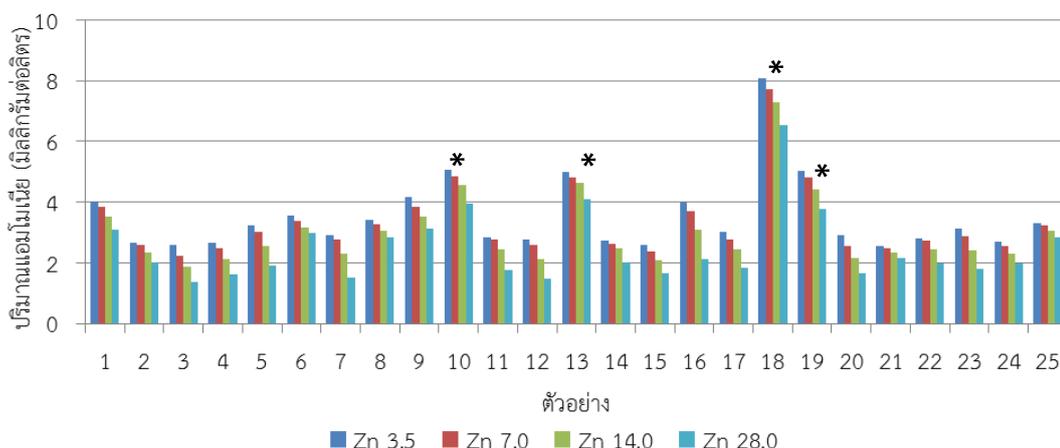
นอกจากนี้ในสถานะที่มีโลหะหนักโครเมียม ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 6, 8 และ 25 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 6 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 25 และ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.6 ปริมาณแอมโมเนียของแบคทีเรียในสถานะที่มีแคดเมียม

หมายเหตุ * หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงที่ทุกความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

ในสถานะที่มีโลหะหนักแคดเมียมความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 10, 13, 18, และ 19 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 18 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 10, 13 และ 19 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 ปริมาณแอมโมเนียของแบคทีเรียในภาวะที่มีสังกะสี

หมายเหตุ * หมายถึง ไอโซเลทที่ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงที่ทุกความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05

ในสภาวะที่มีโลหะหนักสังกะสี ความเข้มข้น 3.5, 7.0, 14.0 และ 28.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซเลทที่ 10, 13, 18, และ 19 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P value < 0.05 โดยไอโซเลทที่ 18 ให้ปริมาณแอมโมเนียสูงสุด รองลงมาเป็นไอโซเลทที่ 13, 10 และ 19 ตามลำดับ

ผลการระบุชนิดของแบคทีเรียที่คัดเลือกโดยลำดับนิวคลีโอไทด์ของชิ้นส่วน 16S rRNA

แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงเจริญเติบโต และให้ปริมาณแอมโมเนียได้สูงในทุก pH ตั้งแต่ 4.0 – 7.0 และที่มีโลหะหนักละลายทุกความเข้มข้น ได้แก่ ไอโซเลทที่ 10, 13, 18 และ 19

แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงเจริญเติบโต และให้ปริมาณแอมโมเนียได้สูงในทุก pH ตั้งแต่ 4.0 – 7.0 และที่มีโลหะคอปเปอร์ นิเกิล ตะกั่ว และโครเมียมละลายทุกความเข้มข้น ได้แก่ ไอโซเลทที่ 1 และ 9

แบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงเจริญเติบโต และให้ปริมาณแอมโมเนียได้สูงเฉพาะที่ pH 5.0 และที่มีโลหะคอปเปอร์ ความเข้มข้น 12.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่ว ความเข้มข้น 2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และโครเมียม ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตรละลาย ได้แก่ ไอโซเลทที่ 6, 8 และ 25

ในการทดลองนี้จึงคัดเลือกแบคทีเรียไอโซเลทที่ 1, 6, 8, 9, 10, 13, 18, 19 และ 25 ไปหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของชิ้นส่วน 16S rDNA ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการระบุชนิดของแบคทีเรีย

ไอโซเลข	มีความใกล้เคียงกับ	% ความเหมือน	NCBI Reference Sequence
1	<i>Bordetella petrii</i>	99.00	NR_074291.1
6	<i>Streptomyces cellulosa</i>	99.72	NR_043815.1
8	<i>Streptomyces werraensis</i>	99.64	NR_112390.1
9	<i>Ensifer mexicanus</i>	99.00	NR_115768.1
10	<i>Bacillus aryabhatai</i>	99.80	NR_115953.1
13	<i>Bacillus aryabhatai</i>	99.82	NR_115953.1
18	<i>Nguyenibacter vanlangensis</i>	100.00	NR_125459.1
19	<i>Bacillus aryabhatai</i>	100.00	NR_115953.1
25	<i>Streptomyces gancidicus</i>	99.57	NR_041179.1